

A method and a device for casing a well, particularly an oil well bore or a pipe, using an *in situ* curable flexible tubular preform, by inserting the preform into the well or pipe in a longitudinally folded state, then deploying the preform by hydraulically inflating it and applying the preform wall against the wall of the well or pipe, and finally curing the preform. The preform (8) is inserted into a longitudinally rigid or semi-rigid but radially flexible releasable sleeve (6), and the preform is positioned in the well or pipe while it is within the sleeve (6), said sleeve being separated from the preform and removed from the well or pipe at the end of the operation. The method and device are useful for casing wells or pipes, even if highly deviated, in the oil industry in particular.

(57) Abrégé

L'invention concerne un procédé et un dispositif pour tuber un puits, notamment un puits de forage pétrolier, ou une canalisation, au moyen d'une préforme tubulaire souple, durcissable *in situ*, avec introduction de la préforme dans le puits ou dans la canalisation à l'état longitudinalement replié, puis dépliement par gonflage hydraulique de la préforme et application de sa paroi contre celle du puits ou de la canalisation, et enfin durcissement de la préforme. Conformément à l'invention, la préforme (8) est insérée dans un fourreau amovible (6), qui est rigide ou semi-rigide en direction longitudinale, mais est déformable radialement, et la mise en place de la préforme dans le puits ou la canalisation se fait alors qu'elle est contenue dans son fourreau (6), ce dernier étant séparé de la préforme et retiré du puits ou de la canalisation en fin d'opération. Tubage des puits et des canalisations, même fortement déviés, notamment dans l'industrie pétrolière.

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AT	Arménie	GB	Royaume-Uni	MW	Malawi
AT	Autriche	GE	Géorgie	MX	Mexique
AU	Australie	GN	Guinée	NE	Niger
BB	Barbade	GR	Grèce	NL	Pays-Bas
BE	Belgique	HU	Hongrie	NO	Norvège
BF	Burkina Faso	IE	Irlande	NZ	Nouvelle-Zélande
BG	Bulgarie	IT	Italie	PL	Pologne
BJ	Bénin	JP	Japon	PT	Portugal
BR	Brazil	KE	Kenya	RO	Roumanie
BY	Bélarus	KG	Kirghizistan	RU	Fédération de Russie
CA	Canada	KP	République populaire démocratique de Corée	SD	Soudan
CF	République centrafricaine	KR	République de Corée	SE	Suède
CG	Congo	KZ	Kazakhstan	SG	Singapour
CH	Suisse	LI	Liechtenstein	SI	Slovaquie
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SK	Slovaquie
CM	Cameroun	LR	Libéria	SN	Sénégal
CN	Chine	LT	Lituanie	SZ	Swaziland
CS	Tchécoslovaquie	LU	Luxembourg	TD	Tchad
CZ	République tchèque	LV	Lettonie	TG	Togo
DE	Allemagne	MC	Monaco	TJ	Tadjikistan
DK	Danemark	MD	République de Moldova	TT	Trinité-et-Tobago
EE	Estonie	MG	Madagascar	UA	Ukraine
ES	Espagne	ML	Mali	UG	Ouganda
FI	Finlande	MN	Mongolie	US	Etats-Unis d'Amérique
FR	France	MR	Mauritanie	UZ	Ouzbékistan
GA	Gabon			VN	Viet Nam

**PROCEDE ET DISPOSITIF POUR TUBER UN PUIT, NOTAMMENT  
UN PUIT DE FORAGE PETROLIER, OU UNE CANALISATION,  
AU MOYEN D'UNE PREFORME TUBULAIRE SOUPLE,  
DURCISSABLE IN SITU**

La présente invention concerne un procédé pour tuber un puits, notamment un puits de forage pétrolier, ou une canalisation, telle qu'un gazoduc ou un oléoduc par exemple, au moyen d'une préforme tubulaire souple, durcissable in situ, par exemple thermodurcissable.

5 L'invention concerne également un dispositif permettant de mettre en oeuvre ce procédé.

Dans la présente description, et dans les revendications, on entendra par le terme "tuber" l'action de consolider un puits, ou une canalisation, notamment en vue de la réparer, en en revêtant la paroi d'un tube rigide, encore appelé tubage ou chemisage.

10 Par le terme "préforme" on entendra une structure tubulaire qui est initialement souple et déformable et qui, une fois placée dans la zone du puits à consolider, est mise en forme cylindrique, appliquée contre la paroi du puits ou de la canalisation, puis durcie pour se lier intimement et à demeure à cette paroi, constituant ainsi le tubage ou chemisage.

15 Pour le tubage d'un puits de forage pétrolier, ainsi que pour des applications similaires, il a déjà été proposé des préformes tubulaires souples et durcissables, destinées à être mises en place à l'état replié longitudinalement - état dans lequel elles possèdent un encombrement radial faible - puis à être dépliées radialement, par application d'un gonflage hydraulique interne. Selon cette technique, qui est notamment décrite  
20 dans les documents FR-A-2 662 207 et FR-A-2 668 241, la préforme possède, après dépliement (ou déploiement) radial, une forme strictement cylindrique, de diamètre bien déterminé.

Un autre type de préforme connu, qui fait notamment l'objet de la demande de brevet internationale WO-94/25655, au nom de la demanderesse, possède  
25 une structure tubulaire qui comprend un tressage de mèches souples, composées de fibres, qui s'entrecroisent avec un certain jeu, de sorte que la structure peut s'expanser radialement tout en se restreignant en direction axiale sous l'effet de l'application d'une surpression à l'intérieur de la préforme.

Ainsi, l'expansion de la préforme peut se faire en deux étapes successives,  
30 d'abord par dépliement, puis par expansion radiale ; on obtient ainsi un degré d'expansion nettement supérieur à ceux obtenus avec les préformes souples mentionnées plus haut, ce qui permet d'introduire la préforme dans le puits à tuber, et l'amener en la zone

souhaitée, en la faisant traverser des ouvertures de faible dimension, par exemple des conduits rigides déjà en place dans le puits, ayant un plus petit diamètre intérieur.

Cette technique connue est très intéressante, dans la mesure où elle permet de boucher des perforations apparaissant dans un puits de production, sans qu'il faille  
5 retirer le tubage déjà en place, et par conséquent sans "tuer le puits".

Il est apparu néanmoins des difficultés pour mettre en oeuvre cette technique lorsque le puits est fortement dévié, c'est-à-dire possède un axe formant un angle élevé par rapport à la verticale, voire est horizontal.

En effet, lorsque le puits est vertical, ou sensiblement vertical, la préforme  
10 est naturellement rectiligne (sous l'effet de la gravité) et elle descend régulièrement dans le puits au cours de sa mise en place. Toutefois, elle risque d'être endommagée par suite des frottements contre les parois du puits ou les différentes restrictions se trouvant sur son passage.

En outre, si le puits est dévié, ou présente des coudes, la préforme se  
15 déforme en raison de sa souplesse, et se positionne incorrectement dans l'axe du puits, ce qui provoque des frottements, voire des risques de blocage au cours de son enfoncement.

La mise en place de la préforme dans un puits fortement dévié ou horizontal est donc délicate, et même impossible dans certaines configurations.

L'invention vise à résoudre ce problème, en proposant un procédé de  
20 tubage d'un puits ou d'une canalisation au moyen d'une préforme tubulaire souple, durcissable in situ, qui puisse également s'appliquer sans problèmes à des puits ou des canalisations non verticaux ou ayant une surface intérieure risquant d'endommager la préforme.

Comme dans les procédés connus, on introduit la préforme dans le puits  
25 ou la canalisation à l'état longitudinalement replié, puis - lorsqu'elle y a été correctement positionnée - on la déplie par gonflage hydraulique pour lui donner une forme sensiblement cylindrique, on l'applique contre la paroi du puits ou de la canalisation, et on provoque le durcissement de sa paroi.

Le procédé qui fait l'objet de l'invention est remarquable par le fait  
30 qu'avant d'introduire la préforme dans le puits ou la canalisation, on l'insère (provisoirement) dans un fourreau amovible, qui est rigide ou semi-rigide en direction longitudinale, mais est déformable radialement, et qu'on met en place dans le puits ou la canalisation la préforme contenue dans son fourreau, ce dernier étant ensuite - en cours d'opération - séparé de la préforme puis - en fin d'opération -, retiré du puits ou de la canalisation.

35 La préforme se trouve donc prisonnière du fourreau, et soutenue par lui, durant toute la phase de sa descente dans le puits ou la canalisation. Ainsi cette descente se fait sans difficultés, même si le puits ou la canalisation est fortement dévié, voire

horizontal, ou présente une surface de paroi risquant d'abîmer la préforme. De préférence le fourreau présente une certaine flexibilité, qui autorise des parcours courbes ou coudés.

Dans un mode préférentiel du procédé, on insère la préforme partiellement dans le fourreau, de telle sorte que son extrémité libre ressorte de celui-ci sur une certaine longueur.

Dans ce cas, dans un premier temps on déplie radialement uniquement la portion de préforme qui dépasse du fourreau, et on l'applique contre la paroi du puits ou de la canalisation pour obtenir une zone d'ancrage, après quoi on extrait le fourreau par traction vers l'arrière (c'est-à-dire vers la sortie du puits).

Ce procédé s'applique particulièrement bien à une préforme qui, après dépliement radial, et mise en forme cylindrique, est expansible radialement par gonflage hydraulique.

Dans ce cas, la désolidarisation de la préforme par rapport au fourreau s'opère avantageusement par suite du dépliement radial de la portion de la préforme contenue dans le fourreau, après quoi s'opèrent successivement le retrait du fourreau et l'expansion radiale de cette même portion.

L'invention concerne également un dispositif pour tuber un puits, notamment un puits de forage pétrolier, ou une canalisation, au moyen d'une préforme tubulaire souple, dont la paroi est therm durcissable in situ, cette préforme étant radialement déformable sous l'effet d'une pression hydraulique interne entre un état replié longitudinalement et un état déplié sensiblement cylindrique.

Ce dispositif est remarquable par le fait qu'il comporte un équipement de pose de la préforme, monté à l'extrémité d'une tige de commande tubulaire destinée à être introduite dans le puits ou la canalisation depuis une tête de puits, cet équipement comprenant :

a) un outillage de pose et de contrôle portant la préforme, apte à fournir à celle-ci le fluide hydraulique sous pression nécessaire à son dépliement, et, le cas échéant, à son expansion radiale, ainsi que l'énergie thermique nécessaire au durcissement de sa paroi ;

b) un fourreau amovible solidaire de l'extrémité de la tige, à l'intérieur duquel est enserrée au moins partiellement la préforme, et qui est rigide ou semi-rigide en direction longitudinale, mais est déformable radialement de sorte qu'il peut être retiré de la préforme lorsque celle-ci se trouve à l'état déplié.

Par ailleurs, selon un certain nombre de caractéristiques additionnelles avantageuses, non limitatives de l'invention :

- le fourreau amovible est un tube fendu, apte à s'ouvrir pour libérer la préforme au cours de son dépliement ;

- la préforme est solidaire d'un manchon intérieur arrachable, radialement expansible par gonflage hydraulique, à l'intérieur duquel est introduit le liquide hydraulique fourni par l'outillage de pose et de contrôle et servant à déplier la préforme, ce manchon étant dégonflé et séparé de la préforme, en fin d'opération, puis retiré du puits ou de la canalisation en même temps que l'outillage et le fourreau ;

- la préforme est thermdurcissable et, son chauffage est réalisé par effet Joule, par l'intermédiaire d'un câble électrique déformable, ce dernier étant stocké sous un faible encombrement dans une douille qui est interposée entre l'extrémité de la tige de commande et l'outillage et est solidaire dudit fourreau amovible ;

- ce câble a une longueur sensiblement égale à celle de la préforme mise en place ;

- la préforme est dépliable et radialement extensible ;

- la préforme comprend un tressage de mèches souples s'entrecroisant avec un certain jeu, de telle sorte qu'elle peut s'expanser radialement tout en se restreignant en direction axiale, le matériau constitutif de la préforme étant une résine polymérisable à chaud, dans laquelle est noyé ledit tressage ;

- le manchon intérieur arrachable, radialement expansible, comprend également (comme la préforme) un tressage de mèches souples entrecroisées aptes à s'expanser radialement tout en se restreignant en direction axiale, et qui sont emprisonnées entre des peaux intérieure et extérieure souples, certaines desdites mèches étant remplacées par des fils conducteurs d'électricité, aptes à chauffer la préforme par effet Joule, qui sont connectés électriquement audit câble.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront de la description et des dessins annexés qui en représentent un mode de réalisation préférentiel.

Sur les figures :

- la figure 1 est une vue générale schématique d'une installation de tubage mettant en oeuvre le procédé de l'invention ;

- la figure 2 est une vue générale, partiellement coupée, de l'équipement de pose de la préforme ;

- la figure 3 représente un tressage de mèches souples entrecroisées, constitutives de la structure de la préforme et du manchon qui sert à l'expansion de la préforme ;

- la figure 4 est une coupe transversale schématique du manchon et de la préforme à l'état longitudinalement repliés ;

- la figure 4A est une vue analogue à la figure 4, représentant l'ensemble à l'état déplié ;

- la figure 4B est une vue analogue aux figures 4 et 4A, représentant l'ensemble à l'état déplié et radialement expansé ;

- la figure 5 est une vue schématique, en coupe longitudinale, de l'ensemble constitué par la préforme et son manchon intérieur arrachable ;

5                   - la figure 6 est un détail à plus grande échelle de la zone de la paroi de la préforme et du manchon qui est référencée VI à la figure 5 ;

                  - les figures 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14 et 15 sont des vues schématiques similaires à la figure 2, destinées à illustrer les différentes étapes successives de la mise en place d'un tubage dans un puits de forage pétrolier conformément à l'invention, à l'aide de l'installation de la figure 1 ;

10                   - les figures 11 et 11A sont des coupes transversales correspondant respectivement au plan de coupe XI de la figure 7 et XI A de la figure 10, ces vues étant destinées à illustrer la façon dont la préforme se désolidarise de son fourreau lorsqu'elle passe de l'état replié à l'état cylindrique.

15                   A la figure 1, on a désigné par la référence P la paroi d'un puits de forage pétrolier, dont une zone C doit être tubée ; la paroi C est par exemple une canalisation perforée. Pour y accéder il faut passer dans une restriction R.

                  L'installation de tubage, généralement désignée par la référence 1, comprend, de manière connue, une tête de puits 12, une tige de commande flexible et tubulaire 13 comportant un câble électrique intérieur, un manchon de guidage 11 de cette tige - couramment appelé "sas" - et un dispositif 10 servant à pousser la tige 13 dans le sas 11 et dans le puits P.

20                   L'extrémité libre de la tige de commande 13 est pourvue d'un équipement de pose de la préforme, référencé 2. Cet équipement est constitué essentiellement d'une douille cylindrique 4 fixée à l'extrémité libre de la tige 13, d'un fourreau rigidificateur 6, coaxial à la douille 4 et solidaire de cette dernière, d'un outillage de pose et de contrôle 3 logé dans le fourreau, et accolé à la douille 4, et d'une préforme souple 8 destinée à être mise en place dans le puits pour le consolider.

25                   La préforme 8 est portée par un manchon expanseur intérieur arrachable 9, qu'elle entoure, comme cela est déjà connu par le WO-94/25655 déjà cité et, comme cela sera décrit plus loin en référence notamment aux figures 5 et 6. L'ensemble préforme 8 / manchon intérieur 9, initialement cohérent, est référencé 7.

30                   L'ensemble 7 est enserré dans le fourreau 6, et retenu par friction à l'intérieur de celui-ci. Cette friction maintient également l'outillage 3 appliqué, par sa face arrière, contre la douille 4.

35                   Cet ensemble 7 est obturé à ses extrémités par des bouchons 92. Le bouchon 92 tourné vers l'arrière, c'est-à-dire vers la sortie du puits, est traversé par un

conduit 30 qui le relie à l'outillage 3. Ce dernier comprend des moyens aptes à refouler à l'intérieur du manchon, via le conduit 30, un fluide sous-pression fourni au dispositif depuis la surface, c'est-à-dire depuis la tête de puits 12 au moyen de la tige de commande tubulaire 13, ou par pompage du liquide du puits grâce à un dispositif de pompage  
5 contenu dans l'outillage 3.

Par ailleurs, l'installation comprend un câble électrique 5, qui passe dans la tige tubulaire 13, et est connectée électriquement à l'outillage 3, par l'intermédiaire d'un câble souple 50. Ce dernier est enroulé ou replié sur lui-même, pour présenter un faible encombrement, et il est logé dans une cavité formant réceptacle prévue dans la douille 4.

10 Les câbles 5 et 50 servent à alimenter en électricité, via l'outillage 3, l'ensemble préforme - manchon expandeur intérieur, afin d'y générer par effet Joule la chaleur nécessaire au durcissement de la paroi de la préforme, comme cela sera expliqué plus loin, ainsi qu'à fournir l'énergie de pompage de l'outillage 3 et d'alimenter tous les systèmes de contrôle nécessaires équipant cet outillage.

15 Bien entendu, le courant électrique est fourni depuis la surface, à partir d'un générateur situé à l'extérieur du puits, relié au câble 5 après sa sortie du dispositif 10.

Comme on le voit sur la figure 2, l'ensemble 7 constitué par le manchon 9 et la préforme 8 n'est pas complètement inséré à l'intérieur du fourreau 6.

20 On a désigné par la référence 71 la portion de cet ensemble qui se trouve à l'intérieur du fourreau, et par la référence 70 la portion dépassante, extérieure au fourreau.

La partie extérieure a une longueur  $L_0$  sensiblement plus petite que la longueur  $L_1$  de la partie intérieure 71. A cet égard, il convient de remarquer que cette  
25 partie 71 a été raccourcie artificiellement sur le dessin (figure 2), pour ne pas en affecter la lisibilité.

A titre indicatif, la longueur  $L_0$  est de l'ordre de 1m, la longueur  $L_1$  de l'ordre de 10 à 30m, et la longueur  $L_2$ , qui correspond au reste de l'équipement (douille 4 et outillage 3), de l'ordre de 4m.

30 Comme on le voit sur la figure 11, le fourreau 6 est une enveloppe tubulaire cylindrique fendue, c'est-à-dire incomplètement fermée. Cette enveloppe, réalisée par exemple en métal ou en matière plastique, possède une certaine rigidité longitudinale, mais est facilement déformable radialement dans le sens de son ouverture, comme on le comprend aisément à la simple comparaison des figures 11 et 11A.

35 Dans une variante, on pourrait relier les bords en regard de la fente de l'enveloppe par des attaches pouvant se rompre facilement au-delà d'un certain seuil de pression interne.



De préférence, l'enveloppe est relativement flexible ce qui lui permet, tout en rigidifiant convenablement l'ensemble 7 en direction axiale, de suivre des trajectoires non rectilignes (coudes et courbes), par déformation latérale.

Dans l'exemple illustré aux figures 3 à 6, la préforme 8 et le manchon  
5 intérieur 9 possèdent tous deux une structure similaire, composée d'un tressage de fibres souples entrecroisées tel que celui décrit dans le document WO-94/25655 précité.

Au besoin on pourra se reporter à cette publication, dont on considérera qu'elle fait partie de la présente description pour l'interprétation de l'Article L.612-5, 1<sup>er</sup> alinéa, du Code de la Propriété Intellectuelle.

10 On rappellera, en référence à la figure 3, que les mèches souples sont réparties en deux séries 700a et 700b entrelacées, formant une structure tubulaire déformable.

La structure peut être repliée longitudinalement, puis - sous l'effet d'une pression interne - être "mise au rond", c'est-à-dire conformée en cylindre par dépliement.

15 Si elle est ensuite soumise à une pression interne plus élevée, on observe un déplacement relatif des deux séries de mèches, ce qui entraîne simultanément une expansion radiale et un raccourcissement longitudinal de la structure.

Les mèches souples sont formées de fibres ayant une bonne résistance mécanique à la traction, par exemple de fibres de carbone ou de verre, et jouent le rôle  
20 d'armature déformable pour la préforme et/ou pour le manchon extenseur de la préforme.

Les figures 4, 4A et 4B représentent respectivement l'ensemble 7 à l'état replié longitudinalement, pour présenter une dimension transversale faible, ce même ensemble - référencé 7' - mis au rond, de diamètre  $D_1$ , et enfin ce même ensemble - référencé 7'' - à l'état radialement expansé, de diamètre  $D_2$  sensiblement supérieur à  $D_1$ .

25 Le diamètre et l'expansibilité radiale de la préforme sont choisis pour que  $D_2$  corresponde au diamètre de la zone à tuber.

Comme le montrent les figures 5 et 6, la préforme tubulaire souple 8 possède une paroi 82, en matière initialement fluide, dans laquelle sont noyées des structures tubulaires concentriques tressées 700. La matière fluide est une résine  
30 synthétique, thermodurcissable par polymérisation à chaud. La préforme est pourvue d'une peau extérieure 80 présentant une face externe munie de dépressions 801 et de reliefs 802 qui favorisent son ancrage contre la paroi du puits et améliorent l'étanchéité.

Le manchon intérieur arrachable 9, qui est appelé "matrice" dans le WO-94/25655 déjà cité, possède une peau intérieure 91 et une peau extérieure 90, toutes deux  
35 en matériau souple et élastique, entre lesquels se trouvent la structure déformable tressée 700. L'interface entre la peau externe du manchon et la paroi intérieure 91 de la préforme

8 est traité, par exemple par enduction de silicone, pour qu'il y ait peu d'adhérence entre ces deux parties.

La préforme 8 entoure intimement le manchon intérieur 9 qui, comme déjà dit, est obturé à ses deux extrémités, de manière étanche, par des bouchons 92. Le manchon 9 est fixé à la préforme 8 au moyen de manchettes d'extrémité 93, qui possèdent des zones affaiblies 94, susceptibles de se rompre facilement. L'introduction d'un fluide hydraulique à l'intérieur du manchon, en vue de son gonflage et - corrélativement du gonflage de la préforme - se fait, comme déjà dit, par une tubulure 30 qui débouche dans le manchon et une ou plusieurs ouvertures 300 de passage du fluide.

L'outillage 3 comporte une ou plusieurs vannes appropriées, pouvant être commandées depuis la surface, permettant d'effectuer le gonflage et le dégonflage du manchon, en contrôlant la pression durant l'opération, ou un dispositif de pompage réalisant la même fonction au moyen du liquide du puits.

Certaines des mèches 700 du manchon sont remplacées par des conducteurs électriques (fils chauffants) reliés électriquement au câble 50. Ainsi, le chauffage du manchon intérieur et, corrélativement, de la préforme peut être commandé aussi depuis la surface, par alimentation électrique des câbles 5 et 50.

Nous allons maintenant décrire une opération de mise en place de la préforme 8 dans une zone C du puits.

L'ensemble 7 formé par la préforme et le manchon se trouve à l'état replié longitudinalement, tel que celui représenté aux figures 4 et 11. Dans cet état, il s'inscrit dans un cylindre de diamètre  $D_0$  correspondant sensiblement au diamètre intérieur de l'enveloppe fendue 6 (voir figure 11).

Ce diamètre  $D_0$  est plus petit que le diamètre des différents conduits ou autres restrictions R situés dans le puits, en arrière de la zone à tuber.

Comme déjà dit, seule une partie de longueur réduite, en l'occurrence la partie 70, de l'ensemble 7 dépasse du fourreau 6. Par conséquent, la préforme est soutenue sur la plus grande partie de sa longueur et possède (avec son fourreau) une rigidité suffisante pour autoriser sa progression régulière à l'intérieur du puits, même si celui-ci est totalement ou en partie dévié.

La tête de pose 2, et la préforme, vont donc être poussées par la tige de commande 13 dans le puits, et s'y enfoncer progressivement, comme cela est symbolisé par la flèche F aux figures 7 et 8. La tige creuse 13, de préférence en acier, possède une bonne rigidité axiale, qui lui permet de pousser sans problème la tête 2 dans le puits. Néanmoins elle est suffisamment flexible pour suivre les coudes ou autres courbures du puits.

La paroi du puits ou de la canalisation C présente en une certaine zone des perforations, ou autres ouvertures O, qu'on se propose de recouvrir par le tubage, c'est-à-dire par la préforme polymérisée.

On cesse d'enfoncer la tête 2 dans le puits, lorsque la partie dépassante 70 arrive juste au-delà des ouvertures O, position qui correspond à celle illustrée à la figure 8.

Des moyens de contrôle appropriés, connus en soi, sont prévus, qui permettent de réaliser ce bon positionnement.

Par gonflage hydraulique interne, la partie dépassante 70, et cette partie seulement, est tout d'abord mise au rond, puis dilatée radialement, pour prendre le diamètre  $D_2$ , qui correspond au diamètre intérieur du puits.

Différents moyens peuvent être prévus pour que le dépliement et l'expansion radiale se fassent prioritairement sur la portion 70.

Ainsi, par exemple, il est possible d'entourer la partie 71 par des liens annulaires dont la résistance mécanique est suffisante pour empêcher le dépliement de cette portion sous l'action d'une pression interne modérée, mais toutefois suffisante pour provoquer la déformation de la portion libre 70.

On obtient ainsi un ancrage de la portion 70 contre la paroi du puits, en avant des perforations O (voir figure 9).

L'augmentation de la pression de gonflage provoque la rupture des liens annulaires assurant la contention de la portion 71. Ainsi, on obtient un dépliement radial et une mise au rond de la portion de préforme 71, laquelle prend un diamètre  $D_1$  (voir figure 10).

Par suite de ce dépliement, le fourreau fendu 6 s'ouvre et prend une configuration en forme générale de U, référencée 6' à la figure 11A.

Il reste solidaire, par son extrémité arrière, de la douille 4.

Dans cette configuration, le fourreau est facilement extractible, et peut glisser sur la préforme mise au rond, par traction vers l'arrière. Cette traction, symbolisée par la flèche G à la figure 12 s'accompagne d'une mise sous traction de la partie de câble 50.

La mise sous tension complète du câble 50 correspond au retrait complet du fourreau, la longueur du câble étant choisie pour correspondre à la longueur du tubage. Le retrait se fait facilement, car la préforme est ancrée dans le puits.

Une fois que le fourreau déformé 6' a été complètement retiré de la préforme, on augmente la pression de gonflage, pour provoquer l'expansion radiale complète de l'ensemble 7, qui prend le diamètre  $D_2$  (figure 13), tout en se raccourcissant axialement.

Toute la préforme vient alors s'appliquer intimement contre la paroi du puits C, en recouvrant les perforations O.

De manière connue, tout en maintenant le manchon sous gonflage hydraulique, on provoque alors la polymérisation par effet Joule de la résine constituant la préforme, par alimentation électrique des fils chauffants prévus dans le manchon.

A l'issue de la polymérisation, on dégonfle le manchon 9, qui se sépare de la préforme durcie - devenue tubage 8' - par rupture des manchettes 93 (figure 14).

On effectue ensuite une nouvelle traction G' sur la tige 13, laquelle est toujours solidaire de la douille 4 et du fourreau ouvert 6' ainsi que, par l'intermédiaire du câble tendu 50, sur l'outillage 3 et le manchon dégonflé 9 (voir figure 15).

L'ensemble peut être ainsi retiré du puits.

Différentes formes de fourreaux rigidificateurs amovibles pourraient être prévues ; ce fourreau doit être d'une bonne rigidité longitudinale tout en possédant la souplesse nécessaire à son passage dans un sas non rectiligne. Il doit s'ouvrir facilement pour libérer la préforme et son épaisseur doit être faible pour limiter son encombrement radial.

Par ailleurs il doit pouvoir se refermer lors de son passage à travers les restrictions R en vue de son enlèvement, grâce à une forme appropriée, par exemple légèrement conique.

Le diamètre et l'aptitude à la dilatation radiale de la préforme et, corrélativement, du fourreau seront choisis en fonction des conditions réellement rencontrées, et en particulier du diamètre de la zone de puits à tuber. A titre indicatif, et non limitatif, la dimension diamétrale  $D_0$  de la préforme à l'état replié pourra être de l'ordre de 60 à 100mm, son diamètre  $D_1$  "mis au rond" sera de l'ordre de 90 à 150mm, et son diamètre  $D_2$  à l'état expansé sera de l'ordre de 170 à 220mm.

La technique qui fait l'objet de la présente invention s'applique avantageusement à une préforme souple à la fois dépliable et radialement expansible ; on ne sortirait toutefois pas du cadre de l'invention en l'appliquant à des préformes simplement dépliables, mais non extensibles telles que celles décrites par exemple dans les documents FR-A-2 662 207 et FR-A-2 668 241 déjà cités.

La polymérisation de la préforme n'est pas obligatoirement faite par effet Joule. Elle pourrait être obtenue par d'autres moyens de chauffage, en particulier par introduction d'un liquide chaud dans la préforme, ce liquide pouvant du reste être le même que celui qui sert à la gonfler.

La portion d'extrémité libre de la préforme, destinée à réaliser son ancrage initial, pourrait avoir une déformabilité plus grande que le reste de sa paroi, par exemple par adoption d'une épaisseur de paroi plus faible ou du choix d'une matière différente. Ceci permettrait de s'affranchir des liens de contention dont il a été fait état plus haut.

## REVENDICATIONS

- 1 . Procédé pour tuber un puits, notamment un puits de forage pétrolier, ou une canalisation, au moyen d'une préforme tubulaire souple, durcissable in situ, selon lequel on introduit la préforme dans le puits ou la canalisation à l'état longitudinalement replié, puis - lorsqu'elle y a été correctement positionnée - on la déplie par gonflage hydraulique pour lui donner une forme sensiblement cylindrique, on l'applique contre la
- 5 paroi du puits ou de la canalisation et on provoque le durcissement de sa paroi, caractérisé par le fait qu'avant d'introduire la préforme (8) dans le puits ou la canalisation, on l'insère dans un fourreau amovible (6), qui est rigide ou semi-rigide en direction longitudinale, mais est déformable radialement, et qu'on met en place dans le puits ou la
- 10 canalisation la préforme (8) contenue dans son fourreau (6), ce dernier étant ensuite séparé de la préforme (8) et retiré du puits ou de la canalisation.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que la préforme (8) est insérée partiellement dans le fourreau (6) de telle sorte que son extrémité libre ressorte de celui-ci sur une certaine longueur ( $L_0$ ).
- 15 3 . Procédé selon la revendication 2, caractérisé par le fait que dans un premier temps on déplie radialement uniquement la portion de préforme qui dépasse du fourreau (6), et on l'applique contre la paroi du puits ou de la canalisation, pour obtenir une zone d'ancrage, après quoi on extrait le fourreau (6) par traction (G) vers l'arrière.
- 4 . Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait
- 20 qu'on utilise une préforme (8) qui, après dépliement radial, et mise en forme cylindrique, est expansible radialement par gonflage hydraulique.
- 5 . Procédé selon la revendication 4, caractérisé par le fait que la désolidarisation de la préforme (8) par rapport au fourreau (6) s'opère par suite du dépliement radial de la portion de la préforme contenue dans le fourreau (6), après quoi s'opèrent
- 25 successivement l'arrachement du fourreau (6) et l'expansion radiale de ladite portion de préforme.
- 6 . Dispositif pour tuber un puits, notamment un puits de forage pétrolier, ou une canalisation au moyen d'une préforme tubulaire souple, dont la paroi est therm durcissable in situ, cette préforme étant radialement déformable sous l'effet d'une
- 30 pression hydraulique interne entre un état replié longitudinalement et un état déplié sensiblement cylindrique, caractérisé par le fait qu'il comporte un équipement (2) de pose de la préforme (8), monté à l'extrémité d'une tige de commande tubulaire (13) destinée à être introduite dans le puits (P) ou dans la canalisation depuis une tête de puits (12), cet équipement comprenant :

a) un outillage de pose et de contrôle (3) portant la préforme (8), apte à fournir à celle-ci le fluide hydraulique sous pression nécessaire à son dépliement, et l'énergie thermique nécessaire au durcissement de sa paroi ;

5           b) un fourreau amovible (6) solidaire de l'extrémité de la tige (13), à l'intérieur duquel est enserrée au moins partiellement la préforme (8), et qui est rigide ou semi-rigide en direction longitudinale, mais est déformable radialement de sorte qu'il peut être retiré de la préforme (8) lorsque celle-ci se trouve à l'état déplié.

7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé par le fait que ledit fourreau amovible (6) est un tube fendu, apte à s'ouvrir pour libérer la préforme (8) au  
10 cours de son dépliement.

8. Dispositif selon l'une des revendications 6 ou 7, caractérisé par le fait que la préforme (8) est solidaire d'un manchon intérieur arrachable, radialement expansible, (9), à l'intérieur duquel est introduit le liquide hydraulique fourni par l'outillage de tubage (3) et servant à déplier la préforme (8), ce manchon (9) étant  
15 dégonflé et séparé de la préforme (8) en fin d'opération, puis retiré du puits ou de la canalisation en même temps que l'outillage (3) et le fourreau (6).

9. Dispositif selon l'une des revendications 6 à 8, caractérisé par le fait que la préforme (8) est thermodurcissable, son chauffage étant réalisé par effet Joule par l'intermédiaire d'un câble électrique déformable (50), ce dernier étant stocké sous un  
20 faible encombrement dans une douille (4) qui est interposée entre l'extrémité de la tige de commande (13) et l'outillage (3) et est solidaire dudit fourreau amovible (6).

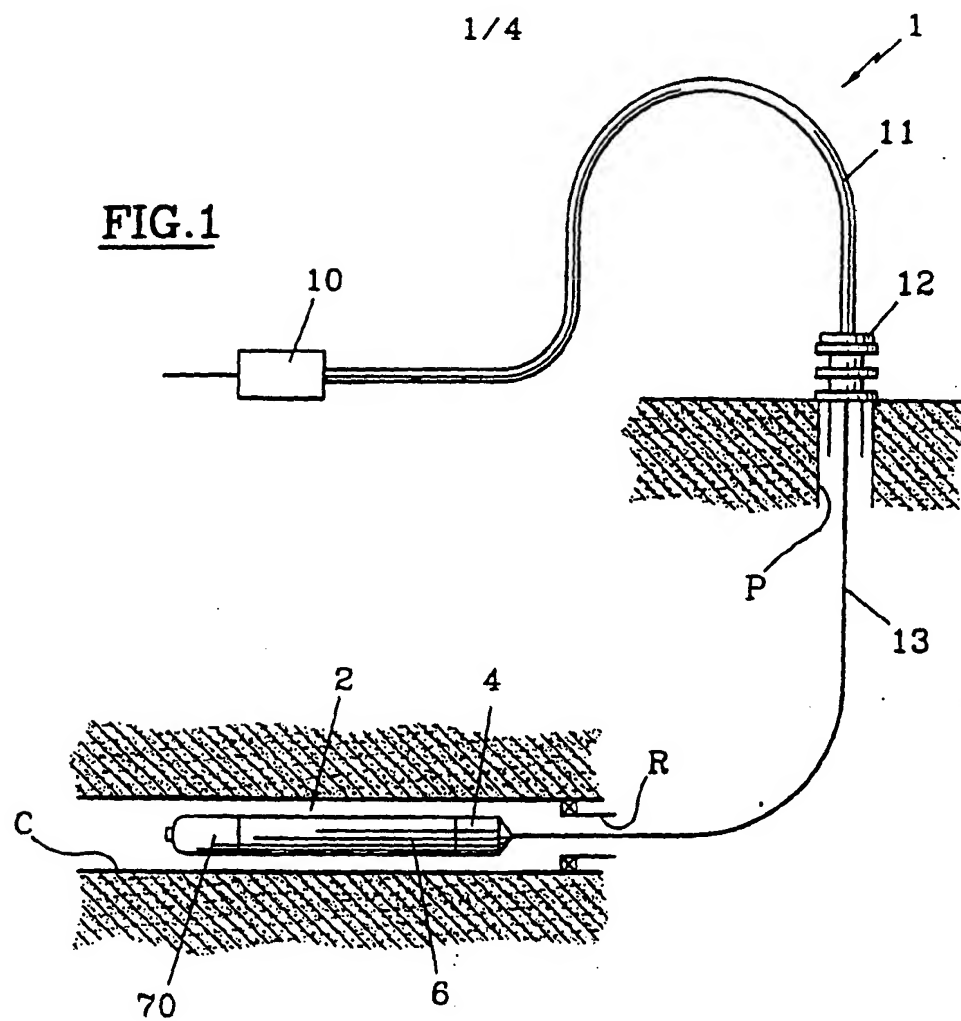
10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé par le fait que ledit câble (50) a une longueur sensiblement égale à celle de la préforme (8) mise en place.

11. Dispositif selon la revendication 10, caractérisé par le fait que la  
25 préforme (8) est dépliable et radialement extensible.

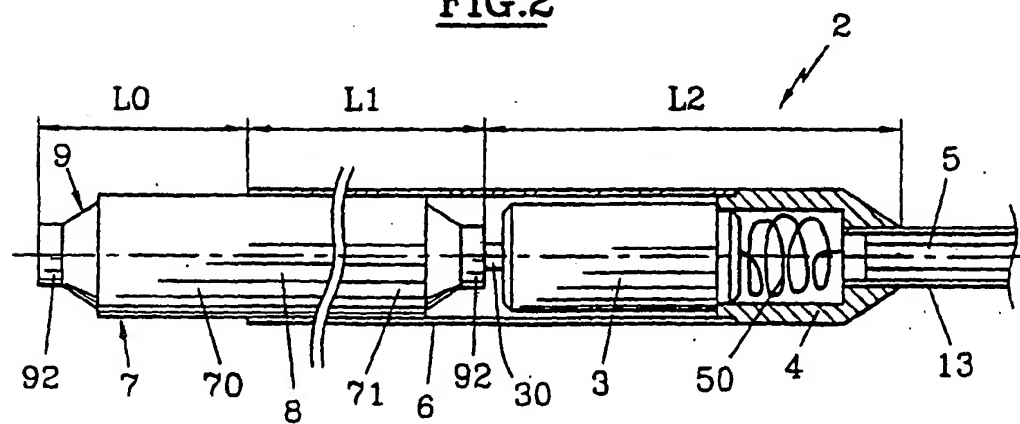
12. Dispositif selon la revendication 11, caractérisé par le fait que la préforme (8) comprend un tressage de mèches souples (700) s'entrecroisant avec un certain jeu, de telle sorte qu'elle peut s'expanser radialement tout en se restreignant en direction axiale, le matériau constitutif de la préforme étant une résine (82) polymérisable  
30 à chaud, dans laquelle est noyé ledit tressage (700).

13. Dispositif selon les revendications 8 à 12 prises en combinaison, caractérisé par le fait que ledit manchon (9) comprend également un tressage de mèches souples entrecroisées (700) aptes à s'expanser radialement tout en se restreignant en direction axiale, et qui sont emprisonnées entre des peaux intérieure (90) et extérieure  
35 (91) souples, certaines desdites mèches étant remplacées par des fils conducteurs d'électricité aptes à chauffer la préforme par effet Joule, qui sont connectés électriquement audit câble (50).

**FIG.1**

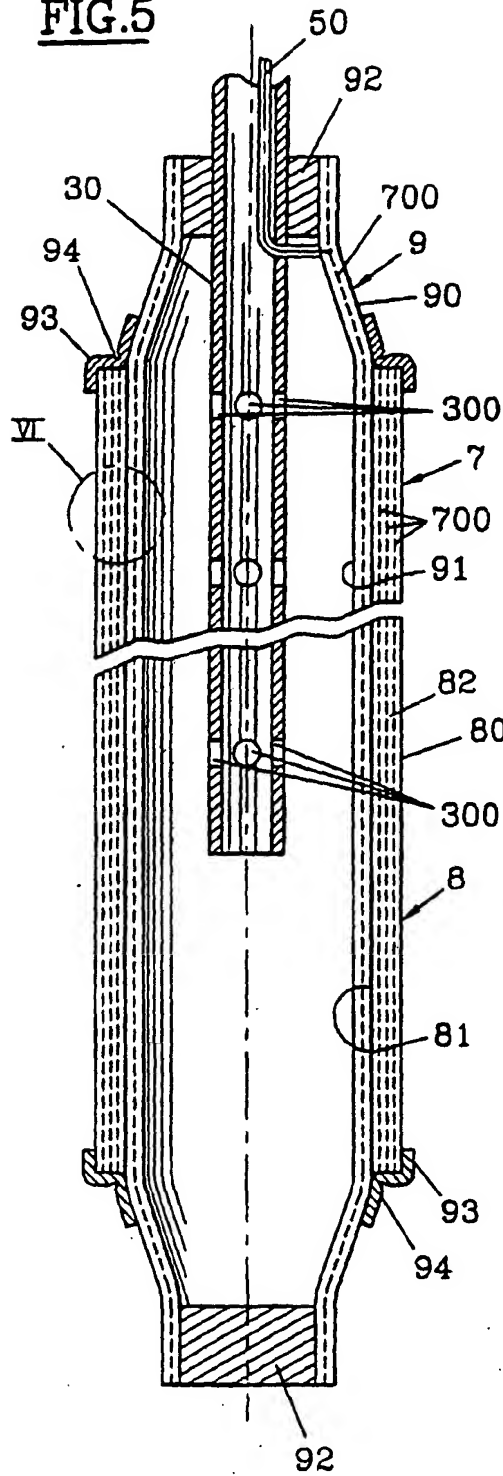


**FIG.2**

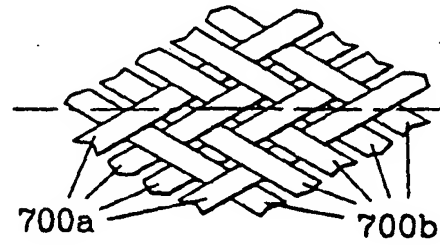


2/4

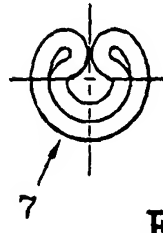
**FIG.5**



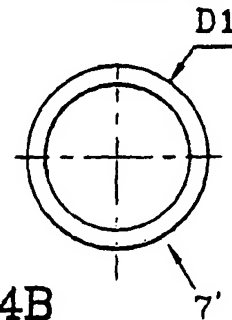
**FIG.3**



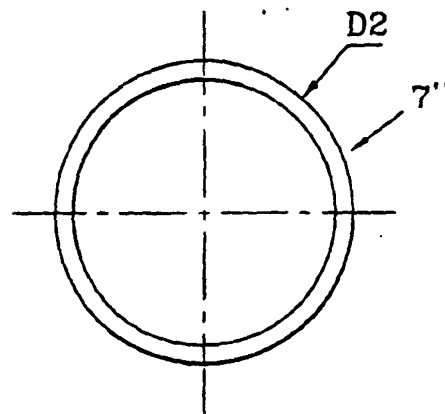
**FIG.4**



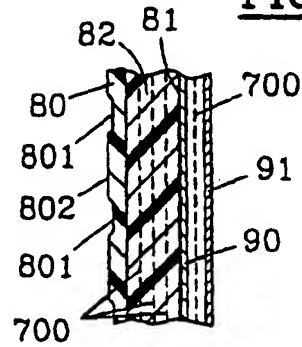
**FIG.4A**



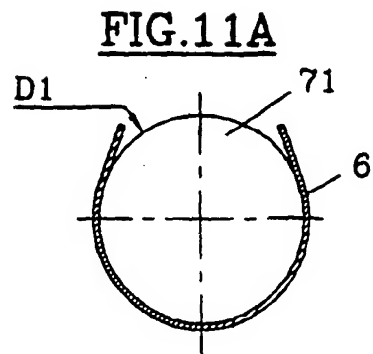
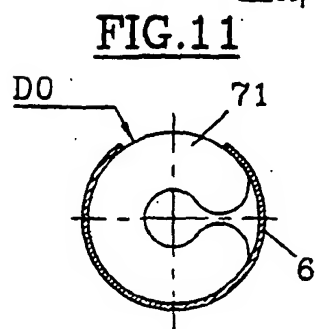
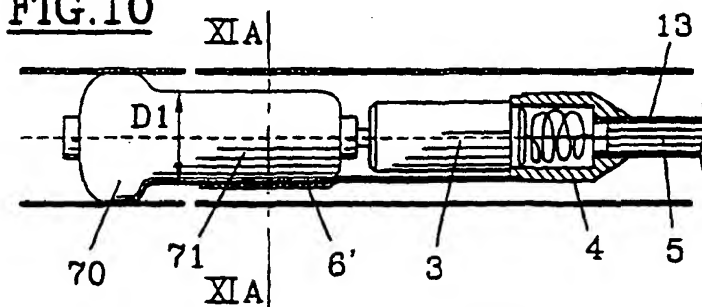
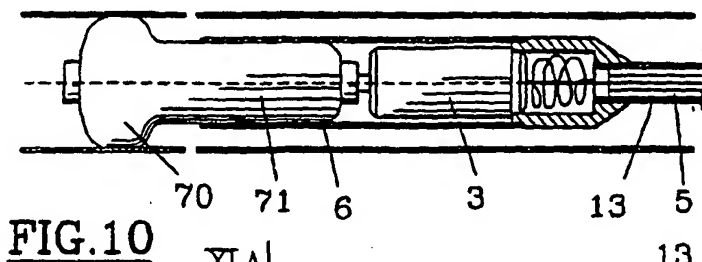
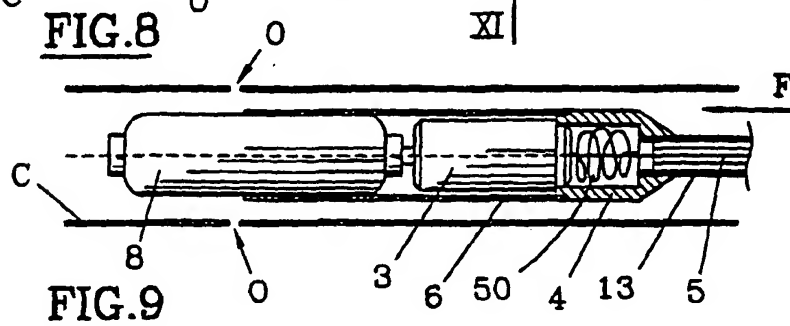
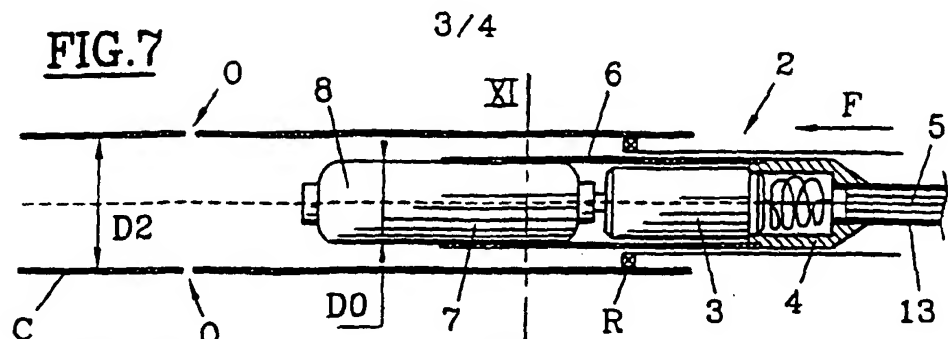
**FIG.4B**



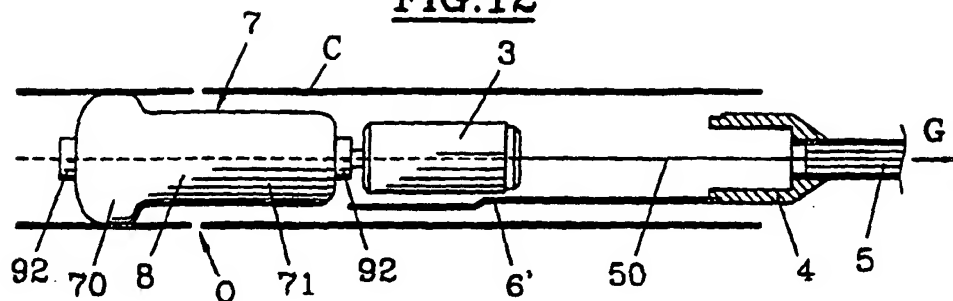
**FIG.6**



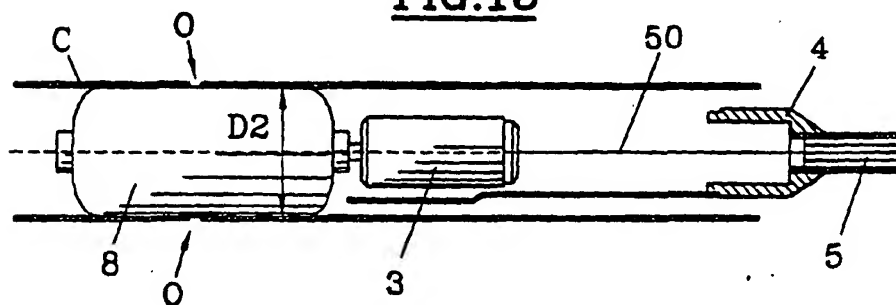




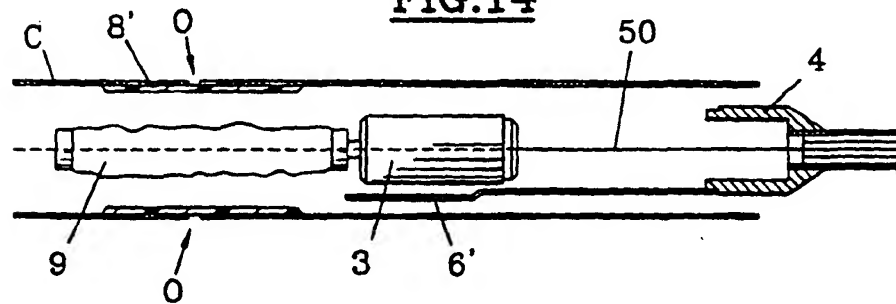
**FIG.12**



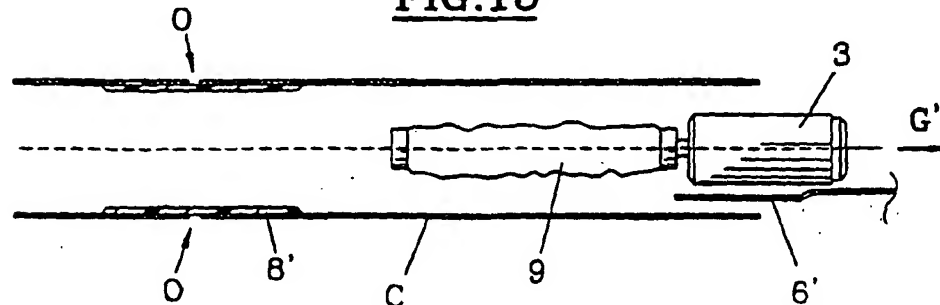
**FIG.13**



**FIG.14**



**FIG.15**



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/FR 95/01651

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 6 E21B43/10 E21B29/10 E21B33/127 E21B36/04 E21B17/00 F16L55/162		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 6 E21B F16L		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO,A,94 25655 (DRILLFLEX) 10 November 1994 cited in the application see page 10, line 18 - page 11, line 6; figures 10-10D see page 11, line 7 - line 8 ---	1,6
A	FR,A,2 662 207 (NOBILEAU) 22 November 1991 cited in the application see abstract ---	1,6
A	FR,A,2 668 241 (NOBILEAU) 24 April 1992 cited in the application see abstract ---	1,6
A	US,A,4 191 493 (HANSSON) 4 March 1980 see column 3, line 21 - line 25 -----	1,6
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "A" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
17 April 1996		24.04.1996
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentstein 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+ 31-70) 340-2040, Telex 31 451 epo nl, Fax (+ 31-70) 340-3016		Authorized officer  Sogno, M

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Information application No

PCT/FR 95/01651

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO-A-9425655	10-11-94	FR-A- 2704898	10-11-94
		AU-B- 6660194	21-11-94
		CA-A- 2162035	10-11-94
		EP-A- 0698136	28-02-96
		NO-A- 954299	07-12-95
-----			
FR-A-2662207	22-11-91	AU-B- 7962691	10-12-91
		CA-C- 2083156	19-03-96
		EP-A- 0527932	24-02-93
		WO-A- 9118180	28-11-91
		US-A- 5337823	16-08-94
-----			
FR-A-2668241	24-04-92	AU-B- 7962691	10-12-91
		CA-C- 2083156	19-03-96
		EP-A- 0527932	24-02-93
		WO-A- 9118180	28-11-91
		US-A- 5337823	16-08-94
-----			
US-A-4191493	04-03-80	NONE	
-----			

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande nationale No  
PCT/FR 95/01651

<b>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE</b> CIB 6 E21B43/10 E21B29/10 E21B33/127 E21B36/04 E21B17/00 F16L55/162		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
<b>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</b> Documentation minimale consultée (système de classification aux symboles de classement) CIB 6 E21B F16L		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électroniques consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</b>		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO,A,94 25655 (DRILLFLEX) 10 Novembre 1994 cité dans la demande voir page 10, ligne 18 - page 11, ligne 6; figures 10-10D voir page 11, ligne 7 - ligne 8 ---	1,6
A	FR,A,2 662 207 (NOBILEAU) 22 Novembre 1991 cité dans la demande voir abrégé ---	1,6
A	FR,A,2 668 241 (NOBILEAU) 24 Avril 1992 cité dans la demande voir abrégé ---	1,6
A	US,A,4 191 493 (HANSSON) 4 Mars 1980 voir colonne 3, ligne 21 - ligne 25 -----	1,6
<input type="checkbox"/> Voir la note du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en abrégé		
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "I" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée se peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée se peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "A" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée  17 Avril 1996		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale  24.04.96
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tél. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 631 epo nl. Fax: (+ 31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé  Sogno, M

# **RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande nationale No

PCT/FR 95/01651

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO-A-9425655	10-11-94	FR-A- 2704898	10-11-94
		AU-B- 6660194	21-11-94
		CA-A- 2162035	10-11-94
		EP-A- 0698136	28-02-96
		NO-A- 954299	07-12-95
FR-A-2662207	22-11-91	AU-B- 7962691	10-12-91
		CA-C- 2083156	19-03-96
		EP-A- 0527932	24-02-93
		WO-A- 9118180	28-11-91
		US-A- 5337823	16-08-94
FR-A-2668241	24-04-92	AU-B- 7962691	10-12-91
		CA-C- 2083156	19-03-96
		EP-A- 0527932	24-02-93
		WO-A- 9118180	28-11-91
		US-A- 5337823	16-08-94
US-A-4191493	04-03-80	AUCUN	

**PCT**

**WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION**  
International Bureau

**INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE TERMS OF THE  
PATENT COOPERATION TREATY (PCT)**

<b>(51) International Patent Classification<sup>a</sup>:</b>  E21B 43/10, 29/10, 33/127, 36/04, 17/00, F16L 55/162	<b>A1</b>	<b>(11) International Publication No.</b> <b>WO 96/21083</b>  <b>(43) Date of International Publication:</b> 11 July 1996 (07.11.96)
<b>(21) International Application Number:</b> PCT/FR95/01651  <b>(22) International Filing Date:</b> 12 DEC 1995 (12.12.95)  <b>(30) Priority Information:</b> 94/16032                      29 DEC 1994 (12.29.94)                      FR  <b>(71) Applicant (for all designated countries except US):</b> DRILLFLEX (FR/FR); ZAC des Monts Gaultier, 29, rue Lavoisier, F-35230 Chatillon-sur-Seiche (FR).  <b>(72) Inventors; and</b> <b>(75) Inventors/Applicants (US only):</b> LEIGHTON, James (GB/FR); 50, boulevard Jacques-Cartier, F-35650 Le Rheu (FR). SALTEL, Jean-Louis (FR/FR); 12, avenue de la Motte, F-35650 Le Rheu (FR).  <b>(74) Attorney:</b> LEFAOU, Daniel; Regimbeau Law Offices, Centre d'Affaires Patton, 11, rue Franz-Heller, P.O. Box 19107, F-35019 Rennes Cédex 7 (FR).		<b>(81) Designated Countries:</b> GB, US, European patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE)  <b>Published:</b>  <i>With international search report.</i>
<b>(54) Title:</b> METHOD AND DEVICE FOR CASING A WELL, PARTICULARLY AN OIL WELL BORE OR A PIPE, USING AN IN SITU CURABLE FLEXIBLE TUBULAR PREFORM  <b>(57) Abstract:</b>  [see original for English]		

**FOR INFORMATION ONLY**

Codes used to identify the States that are party to the PCT, on the cover pages of brochures publishing international applications in virtue of the PCT.

[countries mentioned on cover page]

GB = United Kingdom

US = United States of America

AT = Austria

BE = Belgium

CH = Switzerland

DE = Germany

DK = Denmark

ES = Spain

FR = France

GR = Greece

IE = Ireland

IT = Italy

LU = Luxemburg

MC = Monaco

NL = The Netherlands

PT = Portugal

SE = Sweden



**METHOD AND DEVICE FOR CASING A WELL,  
PARTICULARLY AN OIL WELL BORE OR A PIPE,  
USING AN IN SITU CURABLE FLEXIBLE TUBULAR PREFORM**

5

The present invention concerns a method for casing a well, particularly an oil well bore or a pipe, such as a gas pipeline or an oil pipe line for example, using a flexible tubular preform that is curable in situ, for example by thermosetting.

The invention also concerns a device that enables this method to be implemented.

10

In the present description and in the claims, the term "casing" will be understood as being the action of strengthening a well, or a pipe, particularly for repairing it, and by lining the wall of a rigid tube, also called lining or cured-in-place pipe.

15

The term "preform" is understood as being a tubular structure that is initially flexible and deformable which, once placed in the area of the well to be strengthened, is made cylindrical in shape, applied against the wall of the well or pipe, then hardened so that it binds closely to and remains on said wall, thus comprising the lining or cured-in-place pipe.

20

For casing an oil well bore, as well as for similar applications, flexible curable preforms have already been proposed that are intended to be installed when longitudinally folded – a condition in which they take up a small amount of space radially – then are radially unfolded by application of an internal hydraulic inflation. According to this technique, which in particular is described in the documents FR-A-2 662 207 and FR-A-2 668 241, the preform has a strictly cylindrical shape of specifically determined diameter after being radially unfolded (or deployed).

25

Another known type of preform, which is the subject of the international patent application WO-94/25655, in the name of the applicant, has a tubular structure of braided flexible strands, composed of fibers, which are interlaced with a certain spacing so that the structure can be expanded radially while being restricted in the axial direction by the effect of the application of an overpressure inside the preform.

30

Thus, the expansion of the preform can be done in two successive stages, first by unfolding, then by radial expansion. In this way a degree of expansion is achieved that is clearly greater than those obtained with the above-mentioned flexible preforms, which allows the preform to be inserted into the well to be cased, and to take it to the desired area

by making it pass through small openings, for example rigid conduits already in place in the well and that have a smaller inside diameter.

5 This known technique is very attractive in that it makes it possible to plug holes that appear in a production well, without having to withdraw the casing already in place, and consequently without "killing the well."

However, there are difficulties in implementing this technique when the well is highly deviated, that is, it has an axis forming a sharp angle to the vertical, and can even be horizontal.

10 Indeed, when the well is vertical, or appreciably vertical, the preform is naturally rectilinear (under the effect of gravity) and it descends steadily down the well while it is being installed. However, it risks being damaged by friction against the walls of the well or from the various restrictions found in the passage.

Moreover, if the well is deviated or has elbows, the preform is deformed because of its flexibility, and it is positioned incorrectly in the axis of the well, which causes friction and even risk of blockage when it is being sunk.

15 The installation of a preform in a highly deviated or horizontal well is therefore awkward, and even impossible in certain configurations.

20 The invention intends to solve this problem by proposing a method and device for casing a well or a pipe, using an in situ curable flexible tubular preform that can also be applied with no problem to non-vertical wells or pipes or those that have an interior surface that could risk damaging the preform.

As with known methods, the preform is inserted into the well or pipe in the longitudinally folded condition. Then, when it has been properly positioned, it is inflated hydraulically to give it an appreciably cylindrical form, it is applied against the wall of the well or the pipe, and its wall is cured.

25 The method according to the invention is notable in that, prior to inserting the preform into the well or pipe, it is inserted (temporarily) into a removable sleeve that is rigid or semi-rigid in the longitudinal direction, but is radially deformable, and the preform contained in its sleeve is placed inside the well or pipe, said sleeve then, during the operation, being separated from the preform, and at the end of the operation, being removed from the well or pipe.

30 The preform is therefore enclosed in the sleeve during the entire phase of the descent into the well or pipe. Thus, this descent is done without difficulty, even if the well or pipe is highly deviated, or even

horizontal, or has a wall surface that risks ruining the preform. Preferably, the sleeve has a certain flexibility that enables it to follow curved or elbowed routes.

In one preferential mode of the method, the preform is partially inserted into the sleeve so that its free end emerges from the sleeve a certain distance.

5 In this case, at first only the portion of preform protruding from the sleeve is radially unfolded and applied against the wall of the well or pipe to obtain an anchoring area, after which the sleeve is extracted by drawing it back (that is, toward the well head).

This method applies particularly well to a preform which, after being radially unfolded and given a cylindrical shape, is radially expandable by hydraulic inflation.

10 In this case, the separation of the preform from the sleeve is performed advantageously after the radial unfolding of the portion of the preform contained in the sleeve, after which the withdrawal of the sleeve and the radial expansion of this same portion are performed successively.

15 The invention also concerns a device for casing a well, particularly an oil well bore or a pipe, using a flexible tubular preform, the wall of which is thermosetting in situ, this preform being radially deformable under the effect of internal hydraulic pressure between a longitudinally folded condition and an appreciably cylindrical unfolded condition.

20 This device is notable in that it has equipment for installing the preform, mounted at the end of a tubular control shaft intended to be inserted into the well or the pipe from a wellhead, this equipment being composed of:

a) an installation and control tool carrying the preform, suitable for providing the preform with the pressurized hydraulic fluid needed for its unfolding, and when applicable, its radial expansion, as well as the thermal energy needed for the thermosetting of its wall;

25 b) a removable sleeve integral with the end of the shaft, inside which the preform is at least partially confined, and which is rigid or semi-rigid in the longitudinal direction, but is radially deformable so that it can be withdrawn from the preform when the latter is in its unfolded condition.

Moreover, according a number of additional advantageous, non-limiting characteristics of the invention:

30 – the removable sleeve is a split tube, capable of opening to release the preform during its unfolding;

– the preform is integral with an interior extractable sleeve tube, radially expandable by hydraulic inflation, inside which is introduced the hydraulic liquid furnished by the installing and control tool and serving to unfold the preform, this sleeve tube being deflated and separated from the preform at the end of the operation, then removed from the well or pipe at the same time as the tool and the sleeve;

– the preform is thermosetting and is heated by the Joule effect, by means of a deformable electrical cable that is stored in a small space in a shell that is interposed between the end of the control shaft and the tool and is integral with said removable sleeve;

– this cable has a length that is appreciably equal to that of the installed preform;

– the preform is unfoldable and radially extendable;

– the preform has a braiding of flexible strands that are interlaced with a certain spacing, in such way that the preform can be radially expanded while being restricted in the axial direction, the material comprising the preform being a heat-curable resin in which said braiding is embedded;

– the extractable interior sleeve tube, radially expandable, also (like the preform) has a braiding of interlaced flexible strands that can be radially expanded while being restricted in the axial direction, and which are enclosed between flexible interior and exterior skins, some of said strands being replaced by electrical conducting wires – that can heat the preform by the Joule effect – which are electrically connected to said cable.

Other characteristics and advantages of the invention will appear from the description and the attached drawings that represent a preferential embodiment thereof.

In the Figures:

– Figure 1 is an overall diagrammatic view of a casing installation implementing the method of the invention;

– Figure 2 is an overall view, in partial cross section, of the equipment for installing the preform;

– Figure 3 represents a braiding of interlaced flexible strands that comprise the structure of the preform and of the sleeve tube that is used for the expansion of the preform;

– Figure 4 is a diagrammatic transverse cross section of the sleeve tube and of the preform in the longitudinally folded condition;

– Figure 4A is a similar view to Figure 4, representing the assembly in the unfolded condition;

– Figure 4B is a view similar to Figures 4 and 4A, representing the assembly in the unfolded and radially expanded condition;

– Figure 5 is a diagrammatic view, in longitudinal cross section, of the assembly composed of the preform and its extractable interior sleeve tube;

5       – Figure 6 is a larger scale detail of the area of the wall of the preform and of the sleeve tube that is referenced as VI in Figure 5;

– Figures 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14 and 15 are diagrammatic views similar to Figure 2, intended to illustrate the different successive stages of the installation of a casing in an oil well bore according to the invention, by means of the installation of Figure 1;

10       – Figures 11 and 11A are transverse cross sections corresponding respectively to the cross section plane XI of Figure 7 and XIA of Figure 10, these views being intended to illustrate the way in which the preform is separated from its sleeve when it changes from the folded condition to the cylindrical condition.

15       In Figure 1, the reference P designates the wall of an oil well bore, one section C of which must be cased; the wall C is for example a perforated bore. To access it, the restriction R must be passed through.

20       The installation of casing, generally designated by reference 1, includes in a known way a wellhead 12, a flexible tubular control shaft 13 having an interior electrical cable, a guide sleeve tube 11 for this shaft, and a device 10 used to push the shaft 13 into the guide sleeve tube 11 and into the well P.

25       The free end of the control shaft 13 is provided with preform installing equipment, referenced 2. This equipment is composed essentially of a cylindrical shell 4 attached to the free end of the shaft 13, a stiffener sleeve 6 coaxial to the shell 4 and integral therewith, an installation and control tool 3 housed in the sleeve and attached to the shell 4, and a flexible preform 8 intended to be installed in the well in order to strengthen it.

30       The preform 8 is carried by an extractable interior expander sleeve tube 9, which the preform encloses, as is already known by WO-94/25655 as cited above and as will be described further on in reference particularly to Figures 5 and 6. The preform 8/interior sleeve tube 9 assembly, initially coherent, is referenced as 7.

      The assembly 7 is enclosed in the sleeve 6 and held therein by friction. This friction also holds the tool 3, which is applied by its rear face against the shell 4.

      This assembly 7 is closed at its ends by plugs 92. The plug 92 oriented toward the rear, that is toward the wellhead, has a

conduit 30 passing through it which is connected to the tool 3. This tool has means capable of forcing back inside the sleeve tube, via the conduit 30, a pressurized fluid supplied to the device from the surface, that is, from the wellhead 12 by means of the tubular control shaft 13, or by pumping the liquid from the well by a pumping device contained in the tool 3.

5        Moreover, the facility has an electric cable 5 which passes into the tubular shaft 13 and is electrically connected to the tool 3 by a flexible cable 50. The latter is wound or folded so that it takes up little space, and it is housed in a cavity formed in the shell 4.

10        The cables 5 and 50 are used to supply electricity, via the tool 3, to the preform – interior expander sleeve tube assembly, in order to generate by the Joule effect the heat required for curing the wall of the preform, as will be explained further on, as well as to furnish the pumping energy for the tool 3 and to supply all of the necessary control systems equipping this tool.

Of course, the electrical current is supplied from the surface, by a generator situated outside the well, connected to the cable 5 after it exits the device 10.

15        As can be seen in Figure 2, the assembly 7 composed of the sleeve tube 9 and the preform 8, is not completely inserted inside the sleeve 6.

The reference 71 designates the portion of this assembly that is located inside the sleeve, and reference 70 designates the portion that protrudes outside the sleeve.

20        The external part has a length  $L_0$  that is appreciably smaller than the length  $L_1$  of the interior part 71. In that respect, it should be noted that this part 71 has been artificially foreshortened in the drawing (Figure 2), in order not to affect the legibility.

By way of example, the length  $L_0$  is on the order of 1 meter, the length  $L_1$  on the order of 10 to 30 meters, and the length  $L_2$ , which corresponds to the rest of the equipment (shell 4 and tool 3), on the order of 4 meters.

25        As can be seen in Figure 11, the sleeve 6 is a cylindrical tubular jacket that is split, that is, not completely closed. This jacket, which for example can be made from metal or plastic, has a certain longitudinal rigidity, but is easily deformable radially in the direction of its opening, as can be easily understood by comparing the Figures 11 and 11A.

30        In one variation, the edges facing the split of the jacket can be joined by fasteners that can break easily when a certain threshold of internal pressure is exceeded.

Preferably, the jacket is relatively flexible, thus allowing it to follow non-rectilinear paths (elbows and curves) by lateral deformation, while still advantageously stiffening the assembly 7 in the axial direction.

5 In the example illustrated in Figures 3 to 6, the preform 8 and the interior sleeve tube 9 both have a similar structure, composed of braided flexible interlaced strands as described in the above-mentioned document WO-94/25655.

If needed, reference can be made to this publication, which shall be considered to make up part of this description by interpretation of Article L.612-5, 1st paragraph, of the Intellectual Property Code.

10 It will be seen, in referring to Figure 3, that the flexible strands are distributed in two interlaced series 700a and 700b, forming a deformable tubular structure.

The structure can be folded longitudinally, then – under the effect of an internal pressure – “made round,” that is, formed into a cylinder by unfolding.

15 If it is then subjected to a higher internal pressure, a relative displacement is observed of both series of strands, which simultaneously results in a radial expansion and longitudinal shortening of the structure.

The flexible strands are formed from fibers having good mechanical tensile strength, for example carbon or glass fibers, and they act as deformable reinforcement for the preform and/or for the preform's expander sleeve tube.

20 Figures 4, 4A and 4B represent respectively the assembly 7 in the longitudinally folded condition in order to have a small transverse dimension, this same assembly – referenced 7' – made round with diameter  $D_1$ , and finally this same assembly – referenced 7'' – in the radially expanded condition with diameter  $D_2$  appreciably greater than  $D_1$ .

25 The diameter and the radial expandability of the preform are chosen so that  $D_2$  corresponds to the diameter of the area to be cased.

30 As Figures 5 and 6 show, the flexible tubular preform 8 has a wall 82, made of a material that is initially fluid, in which braided concentric tubular structures 700 are embedded. The fluid material is a synthetic resin that is thermosetting by the heat-cure method. The preform is provided with an external skin 80 having an exterior face furnished with depressions 801 and reliefs 802 which promote its anchoring against the wall of the well and improve the seal.

The extractable interior sleeve tube 9, which is called “matrix” in the above-mentioned WO-94/25655, has an interior skin 91 and an exterior skin 90, both of which are made of a flexible and elastic material, between which the braided deformable structure 700 is located. The interface between the external skin of the sleeve tube and the interior wall 91 of the preform 8

is treated, for example by coating with silicone, so that there is little adherence between these two parts.

5 The preform 8 closely surrounds the internal sleeve tube 9 which, as already mentioned, is sealably closed at both ends by plugs 92. The sleeve tube 9 is attached to the preform 8 by means of end collars 93, which have weakened areas 94 that can break easily. The introduction of a hydraulic fluid into the sleeve tube in order to inflate it – and correlatively to inflate the preform – is accomplished, as was already mentioned, by tubing 30 the end of which opens into the sleeve tube and one or more fluid passage openings 300.

10 The tool 3 has one or more suitable valves that can be controlled from the surface, making it possible to inflate and deflate the sleeve tube by controlling the pressure during the operation, or a pumping device performing the same function by means of the well liquid.

15 Some of the strands 700 of the sleeve tube are replaced by electrical conductors (heating wires) electrically connected to the cable 50. Thus, the heating of the internal sleeve tube, and correlatively of the preform, can also be controlled from the surface by electrical supply of the cables 5 and 50.

We shall now describe an operation to install the preform 8 in a section C of the well.

20 The assembly 7 formed by the preform and the sleeve tube is in the longitudinally folded condition, as represented in Figures 4 and 11. In this condition, it represents a cylinder with a diameter  $D_0$  that appreciably corresponds to the inside diameter of the split jacket 6 (see Figure 11).

This diameter  $D_0$  is smaller than the diameter of the different conduits or other restrictions R located in the well, behind the area to be cased.

25 As was already mentioned, only one part of the reduced length, in this instance the part 70, of the assembly 7 protrudes from the sleeve 6. As a result, the preform is supported for most of its length and it has (with its sleeve) sufficient rigidity to allow it to progress steadily inside the well, even if the well is totally or partially deviated.

30 The installation head 2, and the preform, are therefore going to be pushed by the control shaft 13 in the well, pushing in progressively as symbolized by the arrow F in Figures 7 and 8. The hollow shaft 13, preferably of steel, has good axial rigidity which allows it to push the head 2 in the well with no problem. However, it is sufficiently flexible to follow the elbows or other curves of the well.

The wall of the well or pipe C has a certain area of perforations, or other openings O, that are to be covered by the casing, that is, the cured preform.

35 The pushing of the head 2 into the well is stopped when the protruding part 70 reaches just beyond the openings O, which position corresponds to the one illustrated in Figure 8.

Appropriate means of control, known in the art, are provided in order to accomplish this proper positioning.



By internal hydraulic inflation, the protruding part 70, and only this part, is first rounded out, then radially expanded to the diameter  $D_2$ , which corresponds to the inside diameter of the well.

5 Different means can be provided in order for the unfolding and radial expansion to be accomplished first on the portion 70.

Thus, for example, it is possible to enclose the part 71 by ring-shaped ties the mechanical strength of which is sufficient to prevent the unfolding of this portion under the action of a moderate internal pressure, but still sufficient to cause the deformation of the free portion 70.

10 Thus an anchoring is obtained of the portion 70 against the wall of the well, in front of the perforations O (see Figure 9).

Increasing the inflation pressure causes the breakage of the ring-shaped ties that contain the portion 71. Thus, a radial unfolding and rounding of the preform portion 71 is achieved, which has a diameter  $D_1$  (see Figure 10).

15 Following this unfolding, the split sleeve 6 opens and takes a generally U-shaped configuration, referenced as 6' in Figure 11A.

It remains integral, by its rear extremity, with the shell 4.

In this configuration, the sleeve is easily extractable and can slide on the rounded preform by pulling it backwards. This pulling, symbolized by the arrow G in Figure 12, is accompanied by placing the part 50 of the cable under tension.

20 The complete tensioning of the cable 50 corresponds to the complete withdrawal of the sleeve, the length of the cable being chosen to correspond to the length of the casing. The withdrawal is done easily because the preform is anchored in the well.

25 Once the deformed sleeve 6' has been completely removed from the preform, the inflation pressure is increased to cause the complete radial expansion of the assembly 7, which assumes the diameter  $D_2$  (Figure 13), while becoming shorter axially.

The whole of the preform is then applied closely against the wall of the well C, covering the perforations O.

In a known way, while maintaining the sleeve tube under hydraulic inflation, the Joule effect is used to cure the resin the preform is made of, by supplying electricity to the heating wires provided in the sleeve tube.

Upon completion of the curing, the sleeve tube 9 is deflated and separated from the hardened preform – which has become casing 8' – by breaking the collars 93 (Figure 14).

New tension G' is then placed on the shaft 13, which is always integral with the shell 4 and the open sleeve 6' so that, by means of the tightened cable 50 on the tool 3 and the deflated sleeve tube 9 (see Figure 15).

The assembly can thus be removed from the well.

Different forms of removable stiffener sleeves could be provided; this sleeve should have good longitudinal rigidity while having the necessary flexibility for passing through a non-rectilinear chamber. It must open easily to release the preform, and its thickness must be small to limit the amount of radial space it requires.

Moreover, it must be able to close up during its passage through the restrictions R in order to remove them, due to an appropriate shape, for example slightly conical.

The diameter and the suitability for radial expansion of the preform, and correlatively of the sleeve, will be chosen based on the conditions actually encountered, and in particular on the diameter of the area of the well to be cased. By way of non-limiting example, the diameter  $D_0$  of the preform when folded may be on the order of 60 to 100 mm, its "rounded" diameter  $D_1$  will be on the order of 90 to 150 mm, and its expanded diameter  $D_2$  will be on the order of 170 to 220 mm.

The technique covered by the present invention is applied advantageously to a flexible preform that can be both unfolded and radially expanded; however, it would not be beyond the scope of the invention to apply it to preforms that can simply be unfolded but can not be expanded, such as those described, for example, in the above-mentioned documents FR-A-2 662 207 and FR-A-2 668 241.

The curing of the preform is not necessarily done by the Joule effect. This could be achieved by other heating means, in particularly by introducing a hot liquid into the preform. This liquid could be the remainder of the liquid used to inflate.

The portion of the free end of the preform, intended to provide for its initial anchoring, could have a greater deformability than the rest of its wall, for example by adopting a lesser wall thickness or choosing a different material. This would make it possible to release the ties mentioned above.

CLAIMS

1. Method for casing a well, particularly an oil well bore or a pipe, using an in situ curable flexible tubular preform, according to which the preform is introduced into the well or pipe in the longitudinally folded condition, then – when it has been properly positioned – it is inflated  
5 hydraulically to give it an appreciably cylindrical form, it is applied against the wall of the well or the pipe, and its wall is cured, characterized by the fact that prior to inserting the preform (8) into the well or the pipe, it is inserted into a removable sleeve (6) that is rigid or semi-rigid in the longitudinal direction but is radially deformable, and the preform (8) contained in its sleeve (6) is placed inside the well or pipe, said sleeve (6) then being separated from the preform (8), and  
10 removed from the well or pipe.
2. Method according to claim 1, characterized by the fact that the preform (8) is partially inserted into the sleeve (6) so that its free end emerges therefrom a certain distance ( $L_0$ ).
3. Method according to claim 2, characterized by the fact that at first only the portion of preform protruding from the sleeve (6) is radially unfolded and applied against the wall of the well  
15 or pipe to obtain an anchoring area, after which the sleeve (6) is extracted by drawing (G) it back.
4. Method according to any of claims 1 to 3, characterized by the fact that a preform (8) is used that, after being radially unfolded and given a cylindrical shape, is radially expandable by hydraulic inflation.
5. Method according to claim 4, characterized by the fact that the separation of the  
20 preform (8) from the sleeve (6) is performed after the radial unfolding of the portion of the preform contained in the sleeve (6), after which the stripping of the sleeve (6) and the radial expansion of this same portion of the preform are performed successively.
6. Device for casing a well, particularly an oil well bore or a pipe using a flexible tubular preform the wall of which is thermosetting in situ, this preform being radially deformable under the  
25 effect of internal hydraulic pressure between a longitudinally folded condition and an appreciably cylindrical unfolded condition, characterized by the fact that it has equipment (2) for installing the preform (8), mounted at the end of a tubular control shaft (13) intended to be inserted into the well (P) or the pipe from a wellhead (12), this equipment being composed of:

a) an installation and control tool (3) carrying the preform (8), suitable for providing the preform with the pressurized hydraulic fluid needed for its unfolding and the thermal energy needed for the thermosetting of its wall;

5 b) a removable sleeve (6) integral with the end of the shaft (13), inside which the preform (8) is at least partially confined, and which is rigid or semi-rigid in the longitudinal direction, but is radially deformable so that it can be withdrawn from the preform (8) when the latter is in its unfolded condition.

7. Device according to claim 6, characterized by the fact that the removable sleeve (6) is a split tube, capable of opening to release the preform (8) during its unfolding.

10 8. Device according to either of claims 6 or 7, characterized by the fact that the preform (8) is integral with an interior extractable radially expandable sleeve tube (9), inside which is introduced the hydraulic liquid furnished by the casing tool (3) and serving to unfold the preform (8), this sleeve tube (9) being deflated and separated from the preform (8) at the end of the operation, then removed from the well or pipe at the same time as the tool (3) and the sleeve (6).

15 9. Device according to any of claims 6 to 8, characterized by the fact that the preform (8) is thermosetting and is heated by the Joule effect, by means of a deformable electrical cable (50) that is stored in a small space in a shell (4) that is interposed between the end of the control shaft (13) and the tool (3) and is integral with said removable sleeve (6).

20 10. Device according to claim 9, characterized by the fact that the cable (50) has a length that is appreciably equal to that of the installed preform (8').

11. Device according to claim 10, characterized by the fact that the preform (8) is unfoldable and radially extendable.

25 12. Device according to claim 11, characterized by the fact that the preform (8) has a braiding (700) of flexible strands that are interlaced with a certain spacing, in such way that the preform (8) can be radially expanded while being restricted in the axial direction, the material comprising the preform being a heat-curable resin (82) in which said braiding (700) is embedded.

30 13. Device according to claims 8 to 12 taken in combination, characterized by the fact that the said sleeve tube (9) also has a braiding (700) of interlaced flexible strands that can be radially expanded while being restricted in the axial direction, and which are enclosed between flexible interior (90) and exterior (91) skins, some of said strands being replaced by electrical conducting wires that can heat the preform by the Joule effect, which are electrically connected to said cable (50).

[see original for figures]



TRANSPERFECT TRANSLATIONS

### AFFIDAVIT OF ACCURACY

I, Kim Stewart, hereby certify that the following is, to the best of my knowledge and belief, true and accurate translations performed by professional translators of the following patents from French to English:

WO 99/25951

WO 97/06346

WO 96/21083

WO 96/01937

WO 94/25655

2 780 751(98 08781)

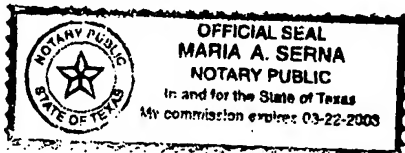
2 717 855(94 03629)

Kim Stewart  
TransPerfect Translations, Inc.  
3600 One Houston Center  
1221 McKinney  
Houston, TX 77010

ATLANTA  
BOSTON  
BRUSSELS  
CHICAGO  
DALLAS  
DETROIT  
FRANKFURT  
HOUSTON  
LONDON  
LOS ANGELES  
MIAMI  
MINNEAPOLIS  
NEW YORK  
PARIS  
PHILADELPHIA  
SAN DIEGO  
SAN FRANCISCO  
SEATTLE  
WASHINGTON, DC

Sworn to before me this  
23rd day of January 2002.

Signature, Notary Public



Stamp, Notary Public

Harris County

Houston, TX